

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 760 266

②1 N° d'enregistrement national : 97 02438

⑤1 Int Cl<sup>6</sup> : F 42 B 3/113, H 01 S 3/00, 3/0951

⑫

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 28.02.97.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 04.09.98 Bulletin 98/36.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : TDA ARMEMENTS SAS SOCIETE  
PAR ACTIONS SIMPLIFIEE — FR.

⑦2 Inventeur(s) : MARCHAND ALAIN et POCHOLLE  
JEAN PAUL.

⑦3 Titulaire(s) :

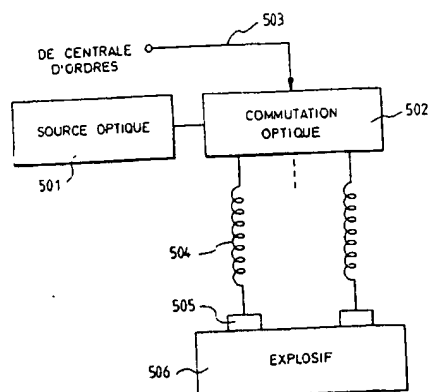
⑦4 Mandataire(s) : THOMSON CSF.

⑤4 DISPOSITIF DE MISE A FEU MULTIPPOINTS.

⑤7 L'invention concerne les dispositifs de mise à feu mul-  
tipoints précis et sécurisés.

Elle consiste à utiliser un organe central de mise à feu  
comportant un laser pompé par voie pyrotechnique et un  
ensemble de détonateurs (505) amorçables par voie opti-  
que. La liaison entre l'organe central et les détonateurs s'ef-  
fectue à l'aide d'un ensemble de fibres optiques (504). Un  
commutateur optique (502) permet éventuellement d'élimi-  
ner certaines de ces liaisons, de manière à modifier la forme  
de l'onde de choc initiée par les détonateurs.

Elle permet d'obtenir une mise à feu multipoints précise  
et insensible aux perturbations extérieures.



FR 2 760 266 - A1



## DISPOSITIF DE MISE A FEU MULTIPPOINTS.

5           La présente invention se rapporte aux dispositifs de mise à feu qui permettent d'amorcer une charge explosive en plusieurs points, afin d'obtenir des effets divers, tels que par exemple la concentration de l'onde de choc issue de l'explosion et/ou l'orientation de cette onde de choc.

10           On connaît des dispositifs de mise à feu multipoints électriques dans lesquels un ensemble de détonateurs à commande électrique est réparti en des points judicieusement choisis de la masse explosive à mettre à feu, de manière à obtenir les effets souhaités. On peut faire facilement varier ces effets en sélectionnant certains de ces détonateurs  
15 par simple commutation électrique des fils amenant aux détonateurs, l'énergie d'amorçage.

          Ces systèmes électriques présentent toutefois l'inconvénient d'être sensibles au champ électromagnétique, tout particulièrement aux impulsions dite EMF, qui peuvent induire directement la mise à feu au  
20 niveau des fils de connexion aux détonateurs. Par ailleurs les détonateurs électriques utilisent des systèmes de commutation à base de tubes électroniques à gaz ionisable, dont le point de fonctionnement est certes très précis par rapport à des systèmes purement pyrotechniques plus ancien, mais présente néanmoins une certaine incertitude sur  
25 l'instant de déclenchement, ce qui peut être préjudiciable dans certains cas où l'on a besoin d'une précision extrême sur la simultanéité de la mise à feu des différents détonateurs.

          On connaît aussi les dispositifs de sécurité de mise à feu, dits DSMF, qui utilisent un détonateur du type connu sous le nom anglo-saxon de "slapper". Ces dispositifs permettent un amorçage par choc de  
30 l'explosif utilisé, qui peut être alors du type secondaire et donc éliminer les inconvénients des explosifs primaires, lesquels peuvent détoner sous l'influence d'une cause extérieure au système d'amorçage et nécessitent donc des précautions particulières. Celles-ci sont essentiellement  
35 mécanique et présentent de nombreux inconvénients, en particulier une imprécision excessive sur l'instant exact de mise à feu.

On connaît enfin d'un brevet US 5,052,011, un laser pompé par explosif, qui permet d'émettre un faisceau lumineux très bref et de très faible divergence, présentant donc une puissance instantanée particulièrement importante. Le laser décrit dans ce brevet est contenu  
5 dans une enveloppe présentant la forme extérieure d'une munition pour arme à feu, du type canon, et est destiné à émettre un faisceau lumineux permettant d'éblouir et/ou de brouiller des dispositifs électro-optiques, contenus par exemple dans un missile contre lequel on souhaite se protéger.

10 Pour obtenir un dispositif de mise à feu multipoints à la fois de haute sécurité vis à vis de l'environnement électromagnétique et de très grande précision quand à la simultanéité de mise à feu des différents points de la masse explosive, l'invention propose un dispositif de mise à feu multipoints, du type comprenant un organe central de mise à feu, un  
15 ensemble de détonateurs distincts, et des moyens de liaisons entre cet organe central et les détonateurs, principalement caractérisé en ce que cet organe central délivre un signal optique de mise à feu, que les détonateurs sont commandés de manière optique et que les moyens de liaison entre l'organe central et le détonateur sont formés de fibres  
20 optiques.

Selon une autre caractéristique, l'organe central de mise à feu comprend un laser pompé de manière pyrotechnique.

Selon une autre caractéristique, le système pyrotechnique du laser est amorcé par un système de mise à feu sécurisé.

25 Selon une autre caractéristique, il comporte en outre des moyens de commutation optiques permettant d'interrompre la liaison optique entre certains des détonateurs et la source d'énergie optique pour pouvoir modifier la forme de l'onde de choc obtenue par l'explosion de la masse explosive mise à feu par les détonateurs.

30 Selon une autre caractéristique, chaque détonateur comprend une lame transparente destinée à recevoir l'énergie optique de mise à feu et à servir d'enclume, une couche absorbante destinée à se vaporiser sous l'effet de ladite énergie lumineuse, un morceau de feuille plastique ou métallique reposant sur la couche absorbante et destiné à  
35 être projeté violemment par le plasma provenant de la vaporisation de

ladite couche absorbante, et une masse d'explosif secondaire située à proximité du morceau de feuille plastique ou métallique et destinée à être amorcée sous l'effet du choc provoqué par la feuille.

D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront  
5 clairement dans la description suivante, présentée à titre d'exemple non limitatif en regard des figures annexées qui représentent :

- la figure 1, un schéma d'un organe central de mise à feu;
- les figures 2 à 4, des représentations schématiques de différentes variétés de configuration du système laser de la figure 1;
- 10 - la figure 5, une représentation schématique de l'ensemble d'un dispositif de mise à feu multipoint selon l'invention et;
- la figure 6, une vue en coupe d'un détonateur du type "slapper" optique.

On a représenté sur la figure 1, la partie du dispositif de mise  
15 à feu selon l'invention qui permet d'obtenir l'énergie lumineuse destinée à être distribuée sur l'ensemble des détonateurs réparties dans la masse explosive. On appellera cette partie "organe central de mise à feu".

Une centrale d'ordres 101 permet de commander la mise à feu en tenant compte des différents impératifs de sécurité, par exemple les  
20 systèmes de codage destinés à interdire une mise à feu accidentelle ou par une personne non autorisée. Cette centrale est connue en elle-même.

Le signal issu de cette centrale est appliqué à un dispositif de sécurité de mise à feu 102, dit DSMF, qui permet à partir du signal  
25 d'électronique provenant de la centrale 101 de faire fonctionner un détonateur 103. Ce détonateur est du type dit "slapper" cité plus haut, qui permet une protection contre les mises à feu provenant de diverses causes extérieures. Ce détonateur 103 déclenche alors l'explosion d'une charge explosive 104 située à l'extrémité arrière d'un récipient  
30 sensiblement cylindrique 105. Ce récipient comporte en outre un gaz ionisable 106 contenu dans une cavité centrale et est prolongé à son extrémité avant pour des moyens laser 107.

La charge explosive 104 est formée d'un explosif extrêmement brutal, qui provoque l'émission d'une onde de choc dirigée  
35 vers l'avant du projectile. La forme, de préférence plane, et la direction

de cette onde de choc sont obtenues par la configuration de la masse explosive et par les moyens de mise à feu, selon une technique bien connue dans l'art.

La très forte amplitude de cette onde de choc, 1 à 10 kbars  
5 par exemple, entraîne l'ionisation du gaz 106 contenu dans la cavité centrale du récipient 105. Ce gaz ainsi ionisé forme un plasma radiatif qui émet un spectre sensiblement équivalent à celui d'un corps noir à température uniforme. La température équivalente d'émission dépend du gaz choisi. On utilisera principalement, de manière connue, un gaz rare  
10 du type Argon, Xénon, ou Krypton, comprimé sous une pression initiale comprise par exemple entre 1 et 10 bars.

Compte tenu de la brièveté des phénomènes, l'ensemble ne se déforme pas sensiblement pendant la durée de son fonctionnement, et l'on obtient donc un cylindre de plasma radiatif, dont la forme et les  
15 dimensions sont sensiblement celles de la cavité qui contient initialement le gaz. La durée de l'émission lumineuse dépend de la longueur de cette cavité. Pour une longueur comprise entre 100 et 250 mm, on peut obtenir, avec les explosifs brisants habituels, une durée d'émission comprise entre 10 et 50 micro secondes.

Le calcul et l'expérience montrent qu'alors le pourcentage  
20 d'émission lumineuse provenant de la face avant de la cavité est nettement supérieur au pourcentage provenant de la face latérale cylindrique de cette cavité. Le rapport entre ces proportions est proportionnel au carré du diamètre de la cavité. On peut aussi améliorer  
25 ce rapport en polissant les parois intérieures de la cavité, elle-même fabriquée avec un matériau réflecteur, ou en déposant sur cette paroi intérieure latérale une couche d'un matériau particulièrement réfléchissant comme l'aluminium.

Le faisceau lumineux ainsi obtenu est alors appliqué à des  
30 moyens lasers 107, ce qui revient à dire que le plasma radiatif obtenu par l'action de l'onde de choc dans la cavité contenant initialement le gaz sert de pompe pour exciter ces moyens lasers et obtenir en sortie de ceux-ci un faisceau lumineux caractéristique d'un laser à impulsion. Les caractéristiques essentiellement utiles dans l'invention sont ici la

puissance et la brièveté de l'impulsion lumineuse, et sa capacité à être facilement canalisée dans des fibres optiques.

Les moyens laser 107 comprennent de manière classique un milieu amplificateur susceptible d'être pompé par l'énergie lumineuse émise par le plasma radiatif, et une cavité laser formée par deux miroirs placés face à face, dont l'un est complètement réfléchissant et l'autre présente une faible transparence pour permettre la sortie du faisceau laser.

Le milieu amplificateur peut être de différentes natures et on choisira celui adapté à la mise à feu des détonateurs optiques qui seront décrits plus loin. Le matériau le plus approprié s'est révélé être le saphir/titane, qui émet sur une longueur d'onde sensiblement égale à 0,8 micromètres avec une durée de fluorescence très faible, d'environ 3 microsecondes. On peut aussi citer des matériaux tels que verre dopé néodyme ou le yag dopé néodyme.

Pour concentrer l'énergie lumineuse provenant du plasma radiatif sur le milieu amplificateur, différentes structures peuvent être utilisées, comme représenté sur les figures 2 à 4.

Dans un premier mode de réalisation, représenté sur la figure 2, le milieu amplificateur 201 est placé de telle manière que l'axe de la cavité laser soit perpendiculaire à l'axe du cylindre radiatif 106. L'énergie lumineuse est alors concentrée sur ce milieu amplificateur à l'aide d'un miroir parabolique 202 situé de l'autre côté du milieu amplificateur par rapport aux moyens de pompage.

Dans un deuxième mode de réalisation, représenté sur la figure 3, le milieu amplificateur 301 est placé coaxialement aux moyens de pompage 106, et l'énergie lumineuse est concentrée sur ce milieu à l'aide d'un cône réflecteur 302, dont la base est placée sur la fenêtre de sortie des moyens de pompage 106 et le sommet vers l'extrémité du milieu amplificateur la plus éloignée de cette fenêtre de sortie. Le milieu amplificateur est donc placé à l'intérieur du cône.

Dans un troisième mode de réalisation, représenté sur la figure 4, le milieu amplificateur 401 est là aussi coaxial avec les moyens de pompage 106, mais on utilise ici un cône réducteur 402 dont la base est sur la fenêtre de sortie des moyens de pompage et le sommet à

l'extrémité du milieu amplificateur la plus proche de cette fenêtre de sortie. Le milieu amplificateur est donc à l'extérieur du cône.

L'énergie lumineuse ainsi produite par cette source optique est utilisée selon l'invention, comme représenté par exemple sur la figure 5, pour faire fonctionner un ensemble de détonateurs 505 répartis en divers endroits d'une masse explosive 506 choisis pour obtenir des effets particuliers.

Pour cela, l'énergie lumineuse provenant de cette source optique 501 est collectée dans un ensemble de fibres optiques 504 qui sont chacune raccordées à l'un des détonateurs 505. Les méthodes pour injecter une telle énergie lumineuse provenant d'un laser dans un ensemble de fibres optiques distinctes en respectant une répartition sensiblement égale de l'énergie dans ces fibres optiques sont bien connues dans l'art.

Les détonateurs 505 sont à amorçage optique du type dit "slapper" optique. La répartition de ces détonateurs permet, en liaison avec la conformation de la masse explosive 506, d'obtenir l'onde de choc souhaitée pour provoquer une concentration adéquate de cette onde de choc.

Comme il est parfois nécessaire, en fonction de critères extérieurs déterminés juste avant la mise à feu de la charge explosive, d'orienter la direction de concentration de l'onde de choc pour pouvoir atteindre un objectif dont la position par rapport à la masse explosive ne sera déterminée qu'à cet instant, l'invention propose le perfectionnement suivant :

On sait qu'une telle modification de l'onde de choc peut être obtenue en sélectionnant avant la mise à feu une partie seulement de l'ensemble des détonateurs, de manière à obtenir l'effet souhaité. Pour cela, l'invention propose d'alimenter les fibres optiques 504 à partir d'un commutateur optique 502, qui recevra lui-même directement l'énergie optique lumineuse provenant de la source 501. De tels commutateurs sont bien connus dans l'art et peuvent être réalisés de manières différentes, par exemple dans ce cas, compte tenu du niveau d'énergie utilisé et du fait que le dispositif n'est destiné à servir qu'une seule fois,

en provoquant la destruction ou la section des fibres optiques reliées aux détonateurs qui doivent rester inactifs.

Ce système de commutation optique 502 fonctionnera à partir des signaux de commande transmis par une liaison 503, provenant par exemple de la même centrale d'ordre 101 que celle qui a servi à initier le fonctionnement du dispositif DSMF 102.

A titre d'exemple de réalisation, l'invention propose d'utiliser un détonateur à commande optique tel que celui représenté sur la figure 6.

10 Ce détonateur comporte une lame de verre relativement épaisse 601 sur la face arrière de laquelle arrive l'énergie lumineuse de mise à feu par l'intermédiaire de l'une des fibres optiques 504. Cette lame de verre permettra de transmettre cette énergie lumineuse et servira également d'enclume pour la projection de l'organe décrit ci-  
15 après.

Après avoir traversé cette lame de verre, l'énergie lumineuse arrive sur une couche absorbante 602, en aluminium par exemple, qui absorbe une partie suffisante de cette énergie lumineuse pour se faire vaporiser et former un plasma très énergétique.

20 Ce plasma génère une onde de choc qui, d'un côté rebondit sur la lame de verre 601 formant enclume, et de l'autre côté vient projeter violemment un morceau de feuille plastique 603, du "Kapton" (marque déposée) par exemple, ou un morceau de feuille métallique telle que de l'aluminium à travers un morceau de cylindre court 604 qui joue  
25 le rôle de canon.

A l'extrémité de ce cylindre, on trouve une petite masse d'explosif 605 de type secondaire, c'est à dire ne réagissant qu'aux chocs très violents. Cet explosif secondaire explose alors sous l'effet du choc violent produit par le morceau de feuille plastique 603 projeté par  
30 l'onde de choc. Cette explosion est alors transmise à la masse explosive 506, qui est ainsi mise à feu.

On voit que de cette manière l'ensemble des fibres 504 est insensible aux perturbations extérieures et ne peut amorcer l'explosion des détonateurs 505 que sous l'effet de l'énergie lumineuse provenant  
35 de la source optique 501, qui est elle-même obtenue de manière très



sécurisée comme décrit plus haut. En outre, la propagation de cette énergie lumineuse dans les différentes fibres optiques ne peut souffrir d'aucun retard aléatoire et cette énergie arrive sur les différents détonateurs avec une cohérence temporelle extrêmement forte. Les  
5 détonateurs utilisés sont eux mêmes des dispositifs qui ne provoquent aucun retard. La mise à feu s'effectue donc à tous les points choisis avec une simultanéité particulièrement remarquable.

## REVENDICATIONS

- 1 - Dispositif de mise à feu multipoints, du type comprenant un organe central de mise à feu (501), un ensemble de détonateurs distincts, (505) et des moyens de liaisons entre cet organe central et les détonateurs, caractérisé en ce que cet organe central délivre un signal optique de mise à feu, que les détonateurs sont commandés de manière optique et que les moyens de liaison entre l'organe central et le détonateur sont formés de fibres optiques.
- 2 - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'organe central de mise à feu (501) comprend un laser pompé de manière pyrotechnique.
- 3 - Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que le système pyrotechnique du laser (104) est amorcé par un système de mise à feu sécurisé (101-103).
- 4 - Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte en outre des moyens de commutation optiques (502) permettant d'interrompre la liaison optique entre certains des détonateurs (505) et la source d'énergie optique (501) pour pouvoir modifier la forme de l'onde de choc obtenue par l'explosion de la masse explosive (506) mise à feu par les détonateurs.
- 5 - Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que chaque détonateur comprend une lame transparente (601) destinée à recevoir l'énergie optique de mise à feu et à servir d'enclume, une couche absorbante (602) destinée à se vaporiser sous l'effet de ladite énergie lumineuse, un morceau de feuille plastique ou métallique (603) reposant sur la couche absorbante et destiné à être projeté violemment par le plasma provenant de la vaporisation de ladite couche absorbante, et une masse d'explosif secondaire (605) située à proximité du morceau de feuille plastique ou métallique et destinée à être amorcée sous l'effet du choc provoqué par la feuille.

1/2

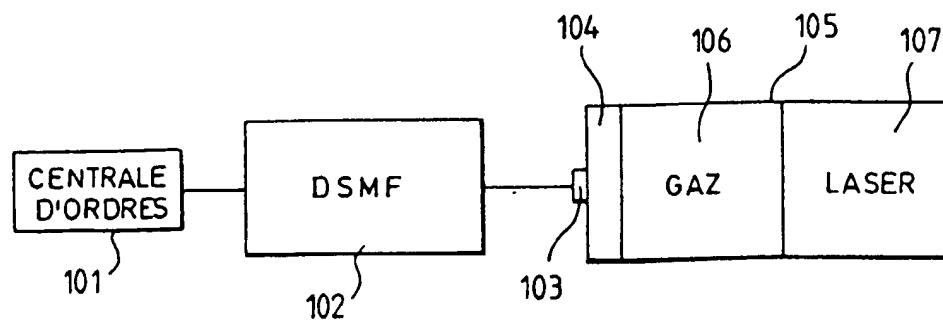


FIG.1

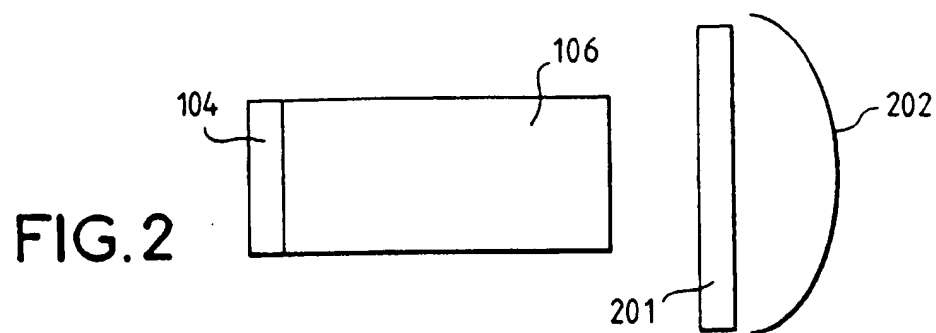


FIG.2

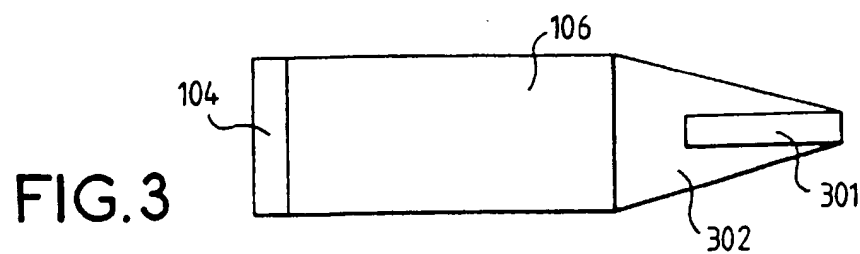


FIG.3

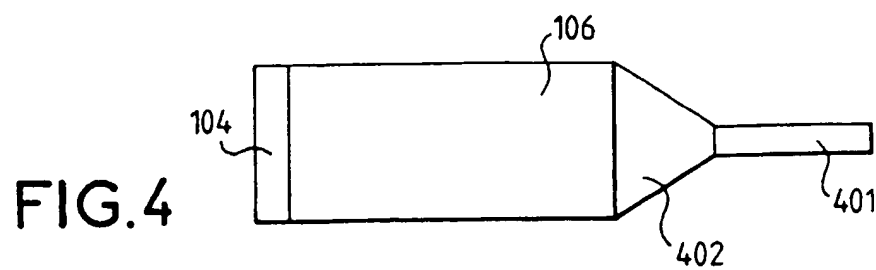


FIG.4

2/2

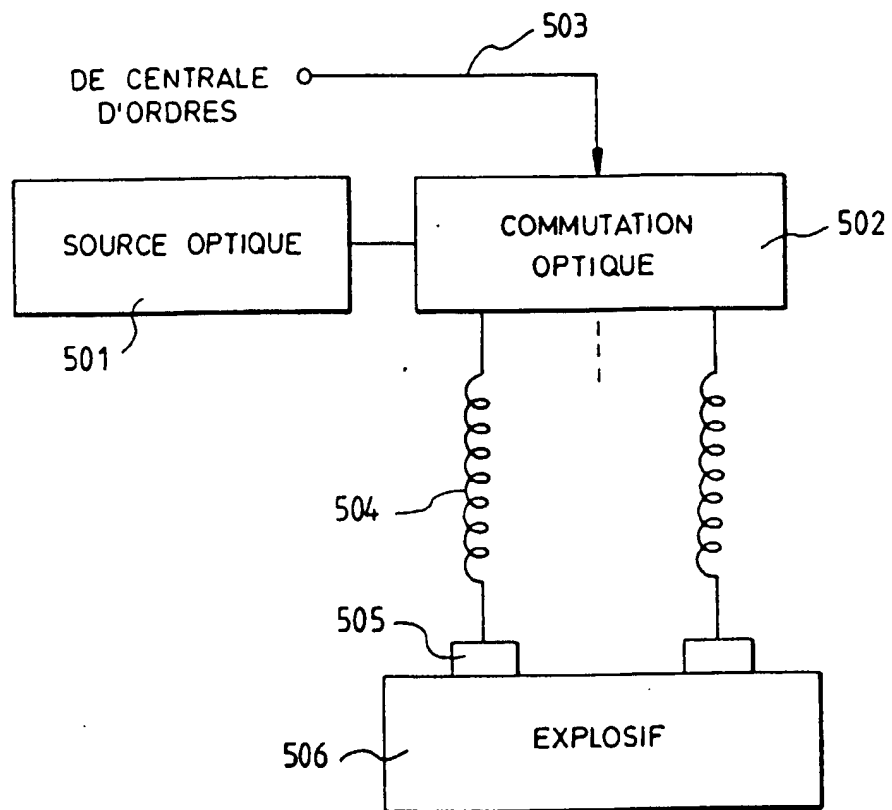


FIG.5

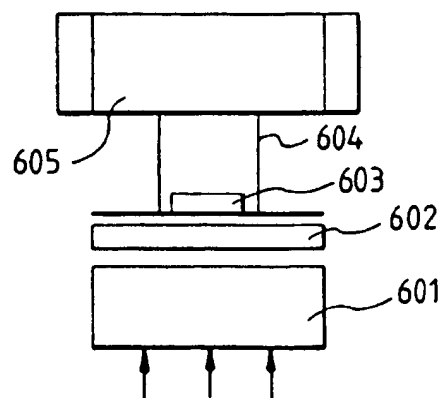


FIG.6

REPUBLICUE FRANÇAISE

**INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE**

# RAPPORT DE RECHERCHE PRELIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FA 541085  
FR 9702438

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	US 5 229 542 A (C. BRYAN) 20 Juillet 1993 * colonne 2, ligne 53 - colonne 3, ligne 17; figures 1-3 * * colonne 3, ligne 45-52 *	1,4
Y	---	2,3
Y	US 3 836 865 A (H. KOEHLER) * le document en entier *	2,3
X	FR 2 679 640 A (THOMSON BRANDT ARMEMENTS) 29 Janvier 1993 * page 1, ligne 4-9 - page 5 * * page 4, ligne 33 - page 5, ligne 5 * * page 9, ligne 28 - page 12, ligne 15 * * page 7, ligne 1 - page 8, ligne 18 *	1,5
X	US H1214 H (M. LIVA) 3 Août 1993 * colonne 2, ligne 48-68; figure 1 * * colonne 3, ligne 35-48 *	1
X	US 5 206 455 A (M. CHAWLA) 27 Avril 1993 * colonne 5, ligne 21 - colonne 7, ligne 5 * * colonne 9, ligne 29-35 * * colonne 12, ligne 41 - colonne 13, ligne 23; figures 1-30F2 *	1,4
X	WO 88 07170 A (A. YARRINGTON) * revendications 1-3 *	1
A	FR 2 690 239 A (DAVEY BICKFORD) 22 Octobre 1993 *abstract*	5
A	US 5 191 167 A (BEYER RICHARD A) 2 Mars 1993 ---	
-/--		
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. CL.6)
		F42B
-/--		ORIG NO MARA
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
11 Juillet 1997		Van der Plas, J
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul  Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie  A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général  O : divulgation non-écrite  P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention  E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.  D : cité dans la demande  L : cité pour d'autres raisons</p> <p>---  &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		

2760266

REPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FA 541085  
FR 9702438

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	US 4 016 500 A (PILLOFF HERSCHEL S) 5 Avril 1977 ---	
A	US 3 904 985 A (ROBINSON C PAUL ET AL) 9 Septembre 1975 -----	
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
Date d'achèvement de la recherche 11 Juillet 1997		Examineur Van der Plas, J
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons Δ : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1

EPO FORM 1501 03.92 (P04C13)